

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-189440

(P2001-189440A)

(43) 公開日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テラコード ⁷ (参考)
H 0 1 L 27/14		H 0 4 N 5/335	U 4 M 1 1 8
27/148		H 0 1 L 27/14	D 5 C 0 2 4
31/0232			B 5 F 0 8 8
H 0 4 N 5/335		31/02	D

審査請求 未請求 請求項の数 9 ○ L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-376 (P2000-376)

(22) 出願日 平成12年1月5日 (2000.1.5)

(71) 出願人 000005843

松下電子工業株式会社
大阪府高槻市幸町1番1号

(72) 発明者 ▲吉▼上 孝行

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(72) 発明者 茶谷 吉和

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(74) 代理人 100095555

弁理士 池内 寛幸 (外1名)

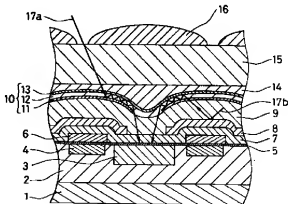
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 入射光の一部を受光部に導くための光導波膜を設けることにより、受光部への集光率を向上させた固体撮像装置を提供する。

【解決手段】 半導体基板1と、半導体基板1内に形成された受光部3および電荷転送部4と、電荷転送部4を覆い且つ受光部3の少なくとも一部を覆わないように半導体基板1の上方に形成された遮光膜8と、遮光膜8の上方に形成された光導波膜10とを備え、光導波膜10が、半導体基板1側から順に第1層11、第2層12および第3層13が積層してなる多層膜であり、第1層11および第3層13が、第2層12とは異なる屈折率を有し、第1層11が、少なくとも受光部3に対応する部分に開口部を有することとした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板と、前記半導体基板内に形成された受光部と、前記半導体基板の上方に形成された光導波膜とを備え、前記光導波膜が、前記半導体基板側から順に第 1 層、第 2 層および第 3 層が積層してなる多層膜であり、前記第 1 層および前記第 3 層が前記第 2 層とは異なる屈折率を有し、前記第 1 層が少なくとも前記受光部に対応する部分に開口部を有している固体撮像装置。

【請求項 2】 更に、前記半導体基板内に形成された電荷転送部と、前記電荷転送部を覆い且つ前記受光部の少なくとも一部を覆わないように前記半導体基板の上方に形成された遮光膜とを備え、前記光導波膜が、前記遮光膜の上方に形成されている請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 3】 前記第 3 層が、前記第 2 層よりも高い屈折率を有している請求項 1 または 2 に記載の固体撮像装置。

【請求項 4】 前記第 3 層が、前記受光部に対応する部分に開口部を有している請求項 1～3 のいずれかに記載の固体撮像装置。

【請求項 5】 前記第 1 層に形成された開口部が、前記第 3 層に形成された開口部よりも大きい請求項 4 に記載の固体撮像装置。

【請求項 6】 前記第 1 層および前記第 3 層がシリコン窒化膜またはシリコン窒化酸化膜であり、前記第 2 層がシリコン窒化酸化膜またはシリコン酸化物膜である請求項 1～5 のいずれかに記載の固体撮像装置。

【請求項 7】 前記第 1 層と前記第 3 層とが略平行に形成されている請求項 1～6 のいずれかに記載の固体撮像装置。

【請求項 8】 前記第 1 層が、前記受光部の上方において、前記半導体基板側に屈曲または湾曲している請求項 1～7 のいずれかに記載の固体撮像装置。

【請求項 9】 前記光導波膜が層間絶縁膜上に形成されており、前記層間絶縁膜が前記受光部に対応する部分に凹部を有する請求項 1～8 のいずれかに記載の固体撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、固体撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、固体撮像装置においては、光学システム系の小型化および高解像度化を図るため画素の微細化が進められているが、これに伴って、一面素当たりの光照射量の減少に起因した感度低下が問題となっている。

【0003】 上記問題を解決するため、各画素にオンチップレンズを設けることにより、受光部への集光率を向

上させる方法が提案されている。図 4 は、このような固体撮像装置の構造を示す断面図である。この固体撮像装置においては、半導体基板 21 内に形成されたウェル 22 内に、受光部 23 および電荷転送部 24 が形成されており、電荷転送部 24 上には絶縁膜 25 を介して転送電極 26 が形成されている。半導体基板 21 上には、第 1 の層間絶縁膜 27、遮光膜 28、第 2 の層間絶縁膜 29、パッシベーション膜 30、平坦化膜 34 およびカラーフィルタ 35 がこの順序で積層され、カラーフィルタ 35 上にオンチップレンズ 36 が形成されている。オンチップレンズ 36 は、入射光を受光部 23 に集光できるように設計された凸レンズである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記固体撮像装置においては、オンチップレンズ 36 に入射した光については受光部に集光することができるものの、オンチップレンズ 36 同士の間隙に入射した光 37 については集光することができない。このことが、集光率の更なる向上を図るうえで問題となっていた。

【0005】 本発明は、集光率を向上させた高感度の固体撮像装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するため、本発明の固体撮像装置は、半導体基板と、前記半導体基板内に形成された受光部と、前記半導体基板の上方に形成された光導波膜とを備え、前記光導波膜が、前記半導体基板側から順に第 1 層、第 2 層および第 3 層が積層してなる多層膜であり、前記第 1 層および前記第 3 層が前記第 2 層とは異なる屈折率を有し、前記第 1 層が少なくとも前記受光部に対応する部分に開口部を有している。

【0007】 このような構成にすることにより、受光部以外の領域に入射しようとする光を光導波膜で捕え、第 1 層と第 2 層との界面および第 2 層と第 3 層との界面で繰返し反射させながら伝送し、受光部に導くことができる。その結果、受光部への集光率を向上させ、固体撮像装置の感度を向上させることができる。なお、光導波膜とは、光を膜内での反射によって伝送し、所定の部位まで導く機能を有する膜をいう。

【0008】 前記固体撮像装置においては、更に、前記半導体基板内に形成された電荷転送部と、前記電荷転送部を覆い且つ前記受光部の少なくとも一部を覆わないように前記半導体基板の上方に形成された遮光膜とを備えた構造とし、前記光導波膜を、前記遮光膜の上方に形成することができる。

【0009】 また、前記固体撮像装置においては、前記第 3 層が、前記第 2 層よりも高い屈折率を有していることが好ましい。第 3 層から第 2 層に入射する光を、受光部の方向に屈折させることができるため、より確実に集光率を向上させることができるからである。

【0010】また、前記固体撮像装置においては、前記第3層が、前記受光部に対応する部分に開口部を有していることが好ましい。受光部上方において、前記第3層とその上に形成された膜との界面で光が反射することを回避できるため、集光率をより確実に向上させることができるからである。

【0011】また、前記固体撮像装置においては、前記第1層に形成された開口部が、前記第3層に形成された開口部よりも大きいことが好ましい。光導波膜で捕えられた光を確実に受光部まで導くことができるからである。

【0012】また、前記固体撮像装置においては、前記第1層および前記第3層がシリコン窒化膜またはシリコン窒化酸化膜であり、前記第2層がシリコン窒化酸化膜またはシリコン酸化物膜であることが好ましい。

【0013】また、前記固体撮像装置においては、前記第1層と前記第3層とが略平行に形成されていることが好ましい。光導波膜による光の伝送効率が向上することからである。

【0014】また、前記固体撮像装置においては、前記第1層が、前記受光部の上方において、前記半導体基板側に屈曲または湾曲していることが好ましい。光導波膜で捕えられた光を、より確実に受光部まで導くことができるからである。

【0015】また、前記固体撮像装置においては、前記光導波膜が層間絶縁膜上に形成されており、前記層間絶縁膜が前記受光部に対応する部分に凹部を有することが好ましい。光導波膜を容易に屈曲または湾曲させることができるからである。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る固体撮像装置の構造の一例を示す断面図である。

【0017】この固体撮像装置においては、半導体基板1のウェル2内に、光電変換を行うための受光部3と、受光部3の光電変換で生じた電荷を転送するための電荷転送部4とが互いに隣接するように形成されている。電荷転送部4上には絶縁膜5を介して転送電極6が形成されており、転送電極6を被覆するように第1の層間絶縁膜7が形成されている。第1の層間絶縁膜7上には、遮光膜8が形成されている。遮光膜8は、受光部3以外の領域に入射する光を遮蔽する膜であり、転送電極6を被覆し、且つ、受光部3に対応する部分に開口部を有している。遮光膜8上には、第2の層間絶縁膜9が形成されている。第2の層間絶縁膜は、受光部3に対応する部分に凹部を有している。第2の層間絶縁膜9上には、光導波膜10が形成されている。更に、光導波膜10上には、平坦化膜14、カラーフィルタ15およびオンチップレンズ16がその順序で形成されている。

【0018】光導波膜10を除く各構成部分については、従来から用いられているものと同様の構造および材

料を採用することができる。

【0019】以下、光導波膜10について説明する。光導波膜10は、第2の層間絶縁膜9上に、第1層11、第2層12および第3層13が順に積層されて構成されている。

【0020】光導波膜10の各層の屈折率は、第1層11と第2層12との界面および第2層12と第3層13との界面において光が反射するように設定される。すなわち、第1層11および第3層13の屈折率が、第2層12の屈折率と相違する、好ましくはそれよりも高くなるように設定される。

【0021】光導波膜10の少なくとも一層は、水素を含有する材料で構成されることが好ましい。光導波膜形成後に加熱を伴う処理を実施されることにより、光導波膜に含まれる水素が放出され、この水素で半導体基板表面に存在するダングリングボンドを末端して暗電流発生を抑制することができるからである。このような材料としては、プラズマ化学気相成長法（以下、「P CVD法」という。）により形成されたシリコン窒化膜およびシリコン窒化酸化膜が挙げられる。

【0022】また、光導波膜10の少なくとも一層は、比較的低密度が高く、水などの不純物の拡散を抑制し得る材料で構成されることが好ましい。光導波膜をパッシベーション膜として利用することができるからである。このような材料としては、シリコン窒化膜およびシリコン窒化酸化膜が挙げられる。

【0023】以上のことから、光導波膜10の好ましい形態としては、第1層11および第3層13をシリコン窒化膜で構成し、第2層12をシリコン窒化酸化膜またはシリコン酸化物膜で構成する形態と、第1層11および第3層13をシリコン窒化酸化膜で構成し、第2層12をシリコン酸化物膜で構成する形態とが挙げられる。

【0024】この場合、第1層11および第3層13の可視光域における屈折率は、例えば1.46～2.1の範囲であり、好ましくは1.8～2.0の範囲である。また、第2層12の可視光域における屈折率は、例えば1.46～1.8の範囲であり、好ましくは1.46～1.47の範囲である。なお、第1層11と第3層13とは、同じ屈折率である必要はない。

【0025】また、第1層11、第2層12および第3層13を、全てシリコン窒化酸化膜で構成することも可能である。この場合、第1層11および第3層13と、第2層12とで、シリコン窒化酸化膜におけるSi—N結合およびSi—O結合の割合を相違させることによって、屈折率を相違させることができる。なお、シリコン窒化酸化膜においては、Si—N結合の割合が多くなるほど屈折率は高くなり、Si—O結合の割合が多くなるほど屈折率は低くなる。

【0026】光導波膜の第1層11には、受光部3に対応する部分であって、遮光膜8に形成された開口部に對

応する部分に、開口部が形成されている。なお、第1層11の開口部は、特に限定するものではないが、遮光膜8の開口部よりも小さいことが好ましい。

【0027】また、光導波膜10は、図1に示すように、第2の層間絶縁膜9に形成された凹部の形状に沿って、半導体基板側に屈曲または湾曲していることが好ましい。この場合、光導波膜10における湾曲の曲率または屈曲の角度は、集光率の向上という点から、大きいほど好ましい。

【0028】次に、この固体撮像装置の製造方法の一例について説明する。

【0029】まず、n型半導体基板1内に、ボロンなどのp型不純物を注入し、p型ウェル2を形成する。次に、p型ウェル2内に、リンなどのn型不純物を注入して、受光部3および電荷転送部4を形成する。半導体基板1上に、熱酸化法によってシリコン酸化膜からなる絶縁膜5を形成した後、化学気相成長法（以下、「CVD法」という。）によってポリシリコンを成膜し、これをパターンニングして転送電極6を形成する。次に、熱酸化法またはCVD法によって、転送電極6を被覆するように、シリコン酸化膜からなる第1の層間絶縁膜7を形成する。第1の層間絶縁膜7上に、スパッタ法によってタングステンまたはタングステンシリサイドを成膜し、これをパターンニングして、遮光膜8を形成する。

【0030】続いて、CVD法によって、遮光膜8を被覆するように、ボロン及びリンをドーパしたシリコン酸化膜（以下、「BPSG」という。）を成膜し、第2の層間絶縁膜9とする。このとき、転送電極に起因した段差が存在する表面に成膜されるため、第2の層間絶縁膜9には受光部3に対応する部分に凹部が形成される。次に、加熱によるリフロー処理によって、第2の層間絶縁膜9の凹部を曲面に加工する。なお、凹部の曲面の曲率は、BPSGのボロン濃度およびリン濃度、並びに、リフロー処理温度および時間によって調整できる。

【0031】次に、第2の層間絶縁膜9上に光導波膜10を形成する。まず、第1層11を成膜し、第1層11上にフォトリソグラフィ法によってエッチングマスクを形成した後、第1層11をエッチングして開口部を形成する。続いて、第1層11上に第2層12および第3層13を順次成膜する。なお、エッチングとしては、等方性エッチングおよび異方性エッチングのいずれも採用可能である。

【0032】光導波膜10を構成する各層の成膜方法としては、シリコン窒化膜を成膜する場合にはPCVD法が採用され、シリコン酸化膜を成膜する場合には減圧CVD法が採用される。また、シリコン窒化酸化膜を成膜する場合には、PCVD法が採用される。このとき、シリコン窒化酸化膜の屈折率の調整は、原料ガスである SiH_4 、 NH_3 および N_2O の流量比を調整することによって実施される。例えば、 SiH_4 の流量を一定とした

場合、 N_2O を増大させると屈折率が低下し、 NH_3 を増大させると屈折率が増大する。

【0033】光導波膜10上にCVD法によってシリコン酸化膜を形成し、その表面を化学機械研磨法によって平坦化して平坦化膜14とする。次に、平坦化膜14上に、カラーレジストを用いたフォトリソグラフィ法によってカラーフィルタ15を形成した後、オンチップレンズ16を形成する。オンチップレンズ16は、熱溶融可能な樹脂を塗布し、これを各受光部に対応するように分割した後、加熱によるリフロー処理を実施することによって形成できる。

【0034】図2は、本発明の固体撮像装置の別の一例を示す断面図である。なお、図1と図2においては、同一部分には同一符号を付している。

【0035】この固体撮像装置は、光導波膜10の受光部3に対応する部分において、第1層11だけでなく、第2層12および第3層13にも開口部が形成されている点で、図1に示す固体撮像装置と相違する。第1層11の開口部は、第3層13の開口部よりも大きくするように設定される。なお、この固体撮像装置は、上記相違点を除いては、図1に示す固体撮像装置と同様の構造を有するものである。

【0036】この固体撮像装置の製造する場合、光導波膜10は、次の2つの方法によって形成することができる。

【0037】第1の方法は、各層の開口部を、それぞれ別のエッチングマスクを用いて形成する方法である。まず、第2の層間絶縁膜9上に第1層11を成膜し、第1層11上にフォトリソグラフィ法によって第1のエッチングマスクを形成した後、第1層11をエッチングする。続いて、第1層11上に第2層12を成膜し、第2層12上にフォトリソグラフィ法によって第2のエッチングマスクを形成した後、第2層12をエッチングする。次に、第2層12上に第3層13を成膜し、第3層13上にフォトリソグラフィ法によって第3のエッチングマスクを形成した後、第3層13をエッチングする。なお、各層のエッチングは、特に限定するものではなく、等方性エッチングおよび異方性エッチングのいずれも採用可能である。

【0038】この場合、第1のエッチングマスクに形成されるパターンと、第3のエッチングマスクに形成されるパターンとを相違させることによって、第1層11の開口部を、第3層13の開口部よりも大きく調整することができる。

【0039】第2の方法は、各層の開口部を、同一のエッチングマスクを用いて形成する方法である。まず、第2の層間絶縁膜9上に、第1層11、第2層12および第3層13をこの順序で成膜する。次に、第3層13上にフォトリソグラフィ法によってエッチングマスクを形成する。続いて、このエッチングマスクを用いて、第

3層13、第2層12および第1層11をこの順序でエッチングする。

【0040】この場合、サイドエッチングを生じさせることが可能なエッチングを採用することにより、第1層11の開口部を、第3層13の開口部よりも大きく調整することができる。このようなエッチングとしては、等方性エッチングであるウェットエッチングを採用することが好ましい。また、異方性エッチングであるドライエッチングを採用する場合は、被エッチング膜とその下に存在する膜との間で選択性を十分に確保できるようなエッチングガスを用い、被エッチング膜の膜厚分をちょうどエッチングするよりも多めに処理すること、すなわちオーバーエッチングを行えばよい。

【0041】なお、この固体撮像装置を製造するにあたって、光導波膜を構成する各層の成膜方法および光導波膜を除く各構成部分の形成方法については、図1に示す固体撮像装置を製造する場合と同様の方法を採用することができる。

【0042】また、この固体撮像装置においては、光導波膜の第2層12が開口部を有しない構造とすることも可能である。この場合、第2層12の屈折率は、第2の層間絶縁膜9および平坦化膜14の少なくとも一方と実質的に等しいことが好ましい。

【0043】図1および図2においては、光導波膜が第2の層間絶縁膜と平坦化膜との間に形成された形態を例示したが、光導波膜の形成箇所は、遮光膜よりも上方であれば特に限定されるものではない。

【0044】例えば、図3に示すように、光導波膜の第2層が平坦化膜としての機能をも兼ねた構造とすることも可能である。すなわち、受光部3に対応する部分に凹部を有する第2の層間絶縁膜9上に第1層11が形成され、第1層11上に前記凹部を平坦化させるように第2層12が形成され、第2層12の平坦な表面上に第3層13が形成された構造とすることができる。この場合、カラーフィルタ15は、第3層13上に形成することができる。

【0045】また、図1～図3においては、光導波膜の少なくとも第1層が受光部上方で湾曲した形態を示したが、第1層を平坦な形状とすることも可能である。

【0046】本発明の固体撮像装置によれば、例えば、図1～図3に示すように、オンチップレンズの形成されていない領域から入射した光17aを光導波膜10で捕え、第1層11と第2層12との界面および第2層12と第3層13との界面で繰返し反射させながら第2層中を伝送する。更には、各層の屈折率次第では、第1層および第3層中でも光の伝送が起こり得る。光導波膜10で伝送された光は、第1層11に形成された開口部を透過し、受光部3に導かれる。また、遮光膜8表面で反射した光17bも、同様に、光導波膜10で捕えられ、受光部3に導かれる。

【0047】なお、上記のような光導波膜は、CCD型固体撮像装置だけでなく、画素内に受光部とMOSトランジスタを含む増幅回路とを備えたMOS型固体撮像装置に対しても適用可能である。この場合、光導波膜の形成箇所は、光導波膜への光の入射が確保できる箇所であれば特に限定されるものではないが、画素内の増幅回路を構成する配線用金属膜よりも上方に形成することが好ましい。特に、配線用金属膜および受光部を被覆するように層間絶縁膜を形成し、この層間絶縁膜の受光部に対応する部分にフォトリソグラフィ法およびエッチングにより凹部を形成し、その上に光導波膜を形成することが好ましい。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の固体撮像装置によれば、半導体基板と、前記半導体基板内に形成された受光部と、前記半導体基板の上方に形成された光導波膜とを備え、前記光導波膜が、前記半導体基板側から順に第1層、第2層および第3層が積層してなる多層膜であり、前記第1層および前記第3層が前記第2層とは異なる屈折率を有し、前記第1層が少なくとも前記受光部に対応する部分に開口部を有することにより、オンチップレンズから入射する光だけでなく、その他の部分から入射する光をも受光部へ導くことができるため、受光部への集光率が向上し、高感度となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る固体撮像装置の構造の一例を示す断面図である。

【図2】 本発明に係る固体撮像装置の構造の別の一例を示す断面図である。

【図3】 本発明に係る固体撮像装置の構造の別の一例を示す断面図である。

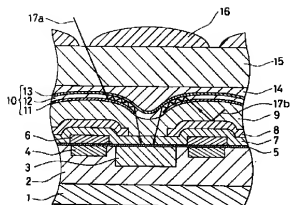
【図4】 従来の固体撮像装置の構造を示す断面図である。

【符号の説明】

- 1、21 半導体基板
- 2、22 ウェル
- 3、23 受光部
- 4、24 電荷転送部
- 5、25 絶縁膜
- 6、26 転送電極
- 7、27 第1の層間絶縁膜
- 8、28 遮光膜
- 9、29 第2の層間絶縁膜
- 10 光導波膜
- 11 第1層
- 12 第2層
- 13 第3層
- 14、34 平坦化膜
- 15、35 カラーフィルタ
- 16、36 オンチップレンズ

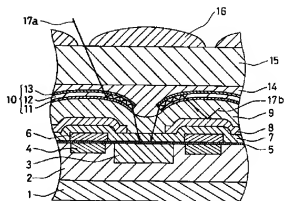
17 a、17 b、37 入射光

【図 1】

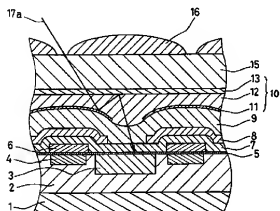


30 バッシベーション膜

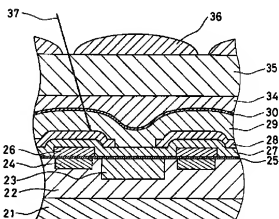
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 寺川 澄雄
大阪府高槻市幸町 1 番 1 号 松下電子工業
株式会社内

F ターム(参考) 4M118 AA01 AA10 AB01 BA10 CA34
CA40 CB13 CB14 EA01 FA06
GB11 GC07 GD04 GD07 GD20
5C024 AA01 CA12 DA01 EA04 EA08
GA52
5F088 AA02 AB02 BA03 BB03 EA02
JA11 JA12